

# METHOD OF FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE

Publication number: JP7094756

Publication date: 1995-04-07

Inventor: ADACHI HIROKI (JP); TAKENOUCHI AKIRA (JP);  
FUKADA TAKESHI (JP); UEHARA HIROSHI (JP);  
TAKEMURA YASUHIKO (JP)

Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB (JP)

Classification:

- International: H01L21/316; H01L21/26; H01L21/268; H01L29/78;  
H01L29/786; H01L21/02; H01L29/66; (IPC1-7):  
H01L29/786; H01L21/26; H01L21/268; H01L21/316

- European:

Application number: JP19940162702 19940620

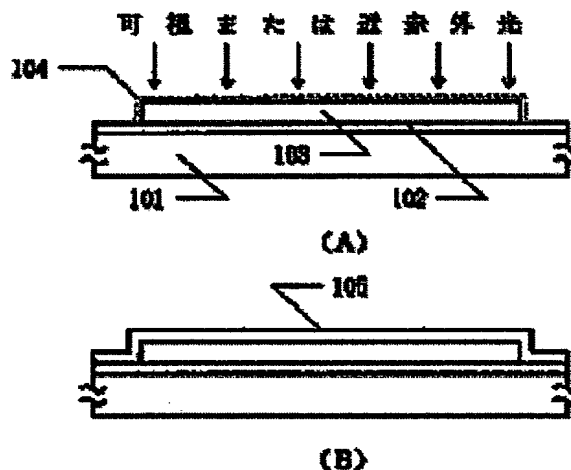
Priority number(s): JP19940162702 19940620; JP19930204773 19930727

Report a data error here

## Abstract of JP7094756

**PURPOSE:** To obtain a TFT gate insulating film excellent in characteristics under conditions by which a substrate material is not affected by irradiating an island-shaped silicon film with laser light in an oxidizing atmosphere to form a thin oxide film on the surface of the silicon film, and form an insulating film covering the island-shaped silicon film.

**CONSTITUTION:** A silicon oxide base film 102 is formed on a substrate 101, and an island-shaped silicon film (activ layer of a TFT) 103 is formed. The island-shaped silicon film 103 is irradiated with strong light with a wavelength and continuation time by which a substrate material is not affected or is thermally annealed at a temperature by which the substrate material is not affected, in an oxidizing atmosphere. A silicon oxide film 105 is formed as a gate insulating film by a plasma CVD method. Hereby, the characteristics and reliability of the gate insulating film are markedly improved.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-94756

(43) 公開日 平成7年(1995)4月7日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/786				
21/26				
21/268	Z	9056-4M	H 0 1 L 29/ 78	3 1 1 G
			21/ 26	L
審査請求 有 請求項の数 4 F D (全 9 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平6-162702

(22) 出願日 平成6年(1994)6月20日

(31) 優先権主張番号 特願平5-204773

(32) 優先日 平5(1993)7月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 安達 広樹

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 武内 晃

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 深田 武

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

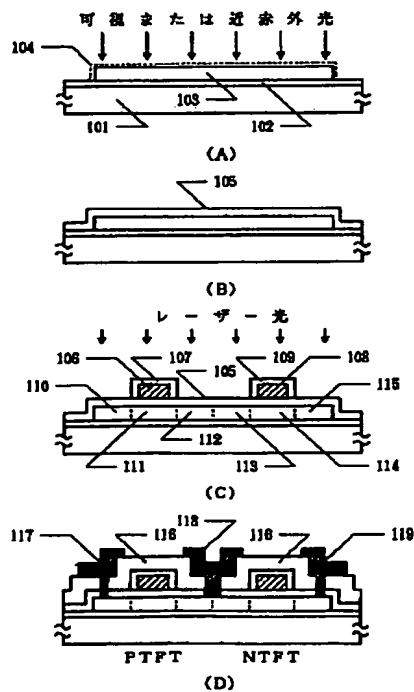
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【目的】 耐熱性の劣る基板上に良好な特性を示す絶縁ゲイト型 (M I S 型) シリコン半導体装置を作製する方法に関して、特にゲイト絶縁膜およびその作製方法を提供する。

【構成】 酸素等の酸化雰囲気中にシリコン半導体表面をさらし、これを400～700℃、好ましくは500～600℃に加熱するか、もしくは数10秒～数分間、強光を照射することによって、表面にごく薄い酸化膜を形成し、しかる後にプラズマCVD法等の公知の成膜手段によって絶縁被膜を成膜し、所望の厚さのゲイト絶縁膜とする。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 絶縁表面上に島状の結晶性珪素膜を形成する第 1 の工程と、

前記島状珪素膜に、酸化雰囲気中でレーザー光もしくはそれと同等な強光を照射することによって、該珪素膜表面に薄い酸化膜を形成する第 2 の工程と、

前記島状珪素膜を覆って、化学的もしくは物理的気相成長手段によって絶縁被膜を形成する第 3 の工程と、を有する半導体装置の作製方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記結晶性珪素膜には結晶化を助長させる金属元素が含まれていることを特長とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、前記結晶性珪素膜はレーザーもしくはそれと同等な強光を照射することによって作製されたことを特長とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】 絶縁基板上に島状の結晶性珪素膜を形成する第 1 の工程と、

前記島状珪素膜に、酸化雰囲気中で 400~700℃のアニールをおこなうことによって、該珪素膜表面に薄い酸化膜を形成する第 2 の工程と、

前記島状珪素膜を覆って、化学的もしくは物理的気相反応手段によって絶縁被膜を形成する第 3 の工程と、を有する半導体装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ガラス等の絶縁基板、あるいは各種基板上に形成された絶縁性被膜上に設けられた非単結晶珪素膜を用いた絶縁ゲイト構造を有する半導体装置、例えば、薄膜トランジスタ (TFT) や薄膜ダイオード (TFD)、またはそれらに応用した薄膜集積回路、特にアクティブ型液晶表示装置 (液晶ディスプレイ) 用薄膜集積回路の作製方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ガラス等の絶縁基板上に TFT を有する半導体装置、例えば、TFT を画素の駆動に用いるアクティブ型液晶表示装置やイメージセンサー等が開発されている。

【0003】これらの装置に用いられる TFT には、薄膜状の珪素半導体を用いるのが一般的である。薄膜状の珪素半導体としては、非晶質珪素半導体 (a-Si) からなるものと結晶性を有する珪素半導体からなるものの 2 つに大別される。非晶質珪素半導体は作製温度が低く、気相法で比較的容易に作製することが可能で量産性に富むため、最も一般的に用いられているが、導電率等の物性が結晶性を有する珪素半導体に比べて劣るため、今後より高速特性を得るためには、結晶性を有する珪素半導体からなる TFT の作製方法の確立が強く求められていた。尚、結晶性を有する珪素半導体としては、多結晶珪素、微結晶珪素、結晶成分を含む非晶質珪素、結晶性

## 2

と非晶質性の中間の状態を有するセミアモルファス珪素等が知られている。

【0004】これらの珪素膜を用いて絶縁ゲイト構造を得るには、珪素膜表面に何らかの手段によって界面特性の優れた絶縁膜を形成する必要があった。例えば、石英基板のように高温に耐える基板上であれば、熱酸化という手段を用いてゲイト絶縁膜を得ることができた。石英基板は高価であり、かつ、融点が高いために大面積化が困難であるということで、融点が低くてより量産性に優れ、安価な他のガラス材料 (例えば、コーニング 7059 番) を基板として使用することが望まれた。しかし、より安価な基板材料を使用した場合には、熱酸化膜を得るだけの高温に基板が耐えないという問題があった。そのため、より低温で形成できる物理的気相成長法 (PVD 法、例えばスパッタ法) や化学的気相成長法 (CVD 法、例えばプラズマ CVD 法、光 CVD 法等) によって形成される。

【0005】しかしながら、これら PVD 法、CVD 法によって作製した絶縁膜はピンホールが多く、また、界面特性も良くなかった。このため、TFT とした場合の電界移動度やサブスレッシュホールド特性値 (S 値) が、良くないという問題点、あるいはゲイト電極のリーク電流が多く、劣化がひどく、歩留りが低いという問題点があった。特にもともと移動度の小さな非晶質珪素を用いた TFT の場合には、このようなゲイト絶縁膜の特性はあまり問題とならなかったが、移動度の高い結晶性の珪素膜を用いた TFT では、珪素膜自体よりもゲイト絶縁膜の特性の方が大きな問題となった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の問題を解決する手段を提供するものである。すなわち、結晶性珪素膜を用いて、特性、信頼性、歩留りに優れた TFT の作製方法を提供する場合において、特に基板材料に影響を与えない条件のもとで、ゲイト絶縁膜の作製方法やゲイト絶縁膜の構造を提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

【0007】本発明は、酸素や酸化窒素、オゾン等の酸化雰囲気の中かで、島状の結晶性珪素膜に基板材料に対して影響を与えない波長、持続時間の強光を照射し、あるいは、基板材料に対して影響を与えない温度で島状の結晶性珪素膜を熱アニールすることによって、その表面に薄い酸化珪素膜 (熱酸化膜) を形成し、さらに、これを覆って、公知の PVD 法、CVD 法で厚い絶縁膜を形成し、所望の厚さのゲイト絶縁膜とすることを特徴とする。

【0008】本発明において、光を照射する場合には、例えば、近赤外光から可視光にかけての光、好ましくは波長が 4 μm~0.5 μm の光 (例えば波長 1.3 μm にピークを有する赤外光) を用いる場合には、10~1000 秒程度の比較的短い時間照射し、珪素膜の表面の

## 3

温度を900~1200℃に上昇させることが望ましい。この波長の光は、珪素膜には吸収され、基板では実質的に吸収されないので、上記の照射時間であれば、基板に影響を与えずに、珪素膜のみを選択的に加熱できる。

【0009】波長がより短い紫外線を用いる場合には、珪素膜だけでなく、多くの基板材料にも吸収されるので、最適な光の持続時間はより短くなる。例えば、248nmの波長では1μsec以下とすることが望まれる。それより長い時間の照射をおこなえば、基板にも相当量の光が吸収され、基板に変形をもたらす。このように、極めて短時間の光の照射においては瞬間的に珪素膜表面の温度が1000℃を越えるような高温となるような光量を選択する必要がある。また、瞬間的な温度上昇と下降であるので、1回の照射では酸化が十分に進行しないので、複数回の照射をおこなうことが必要である。この場合、得られる酸化膜の厚さは照射回数に依存する。紫外線を光源として、このような極めて短い時間の照射をおこなうには、エキシマーレーザーのようなパルス発振レーザーを用いるのが理想的である。各種エキシマーレーザーはパルス幅が100ns以下である。また、本発明においては強光を照射する際に基板温度を最高600℃、好ましくは、400℃まで上昇させてもよい。

【0010】また、本発明において、熱アニールをおこなう場合には、基板にソリや縮み等の影響を与えない温度でおこなうことが望ましく、具体的には、400~700℃、好ましくは500~600℃の中温の条件でおこなうことが望ましい。一般的には基板の歪み温度（歪み点）以下でおこなうべきであるが、予め基板に熱的な処置をほどこして、内部の歪みエネルギーを開放しておくことによって、歪み温度以上でも縮みを十分に小さくできるので、このような場合には歪み温度以上の温度であつてもかまわない。上記の強光の照射あるいは熱アニール後にPVD法やCVD法によって成膜される絶縁膜は一般的には酸化珪素膜であるが、窒化珪素膜や酸化窒化珪素膜であつてもよい。

【0011】本発明に用いられる結晶性珪素膜の作製方法は、レーザーやそれと同等な強光の照射による結晶化、あるいは熱アニールによる結晶化いずれでも採用できる。特に、熱アニールによる場合で、ニッケル等の結晶化を助長せしめる金属元素を用いて、通常の固相成長温度よりも低温で結晶化を行う方法を採用した場合には、本発明は新たな効果を生じる。結晶化を助長させる元素としては、8族元素であるFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Ptを用いることができる。また3d元素であるSc、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Znも利用することができる。さらに、実験によれば、Au、Ag、においても結晶化の作用が確認されている。特に上記元素の中で、顕著な効果が得られ、そ

## 4

の作用で結晶化した結晶性珪素膜を用いてTFTの動作が確認されているのがNiである。

【0012】これらの金属を添加された珪素膜は針状に結晶が成長することが観察されている。しかしながら、全面が結晶化してしまうわけではなく、結晶と結晶の間に非晶質もしくはそれと同程度の結晶性の低い領域が取り残される。このような金属元素の添加された珪素膜は針状に結晶が成長し、その幅も被膜の厚さの0.5~2倍であり、さらに<111>方向の成長方向でなく、幅方向、すなわち結晶の側面への成長は少ない。このため、前記非晶質領域は長時間のアニールでも結晶化せず、これをTFTに用いた場合には特性の劣化が問題となった。ところが、上記の強光を照射する方法を採用した場合には、光エネルギーの一部が結晶成長にも使用され、結晶の側面への成長が促進される。このため、緻密な結晶性珪素膜が得られる。また、強光を照射したのち、再び、熱アニールすることにより、より結晶性を改善せしめてもよい。また、このような強光照射と熱アニールを複数回繰り返してもよい。

## 20 【0013】

【作用】強光を照射して、あるいは中温でのアニールによって得られる熱酸化膜の厚さは、20~200Å、代表的には100Åであるが、公知のPVD法、CVD法による膜とは異なり、ピンホールのない非常に緻密で均一な厚さの膜である。また、珪素膜との界面も理想的な状態である。この熱酸化膜の上にさらに厚い絶縁膜、代表的には酸化珪素膜を重ねるのであるから、ピンホールに起因するリーク電流は小さく、歩留りも向上する。

【0014】また、珪素膜との界面が良好であるので、TFTとした場合の各種特性値が向上し、信頼性も高い。特に図5(A)に示すように、従来のTFTプロセスにおいては、島状珪素膜を作製した際に、オーバーエッチによって珪素膜の端に空孔が生じた。特に下地膜が柔らかい（エッチングレートが大きい）場合には、顕著であつた。そして、従来のPVD法やCVD法ではこの空孔をうまく埋めきれず、クラック等によってリーク電流が発生することが多かった。（図5(B)）しかし、本発明においては、珪素膜の周囲に一樣な厚さのピンホール等のない熱酸化膜が形成されるので上記のようなクラックが生じて、使用上はほとんど問題がない。（図5(C)）

## 【0015】

【実施例】〔実施例1〕本実施例は、ガラス基板上に形成された結晶性珪素膜を用いたPチャネル型TFT（PTFTという）とNチャネル型TFT（NTFTという）とを相補型に組み合わせた回路を形成する例である。本実施例の構成は、アクティブ型の液晶表示装置の画素電極のスイッチング素子や周辺ドライバー回路、さらにはイメージセンサや集積回路に利用することができる。

5

【0016】図1に本実施例の作製工程の断面図を示す。まず、基板（コーニング7059）101上にスパッタリング法によって厚さ2000Åの酸化珪素の下地膜102を形成した。基板は、下地膜の成膜の前もしくは後に、歪み温度よりも高い温度でアニールをおこなった後、0.1~1.0℃/分で歪み温度以下まで徐冷すると、その後の温度上昇を伴う工程（本発明の赤外光照射および熱アニールによる酸化工程を含む）での基板の収縮が少なく、マスク合わせが用意となる。コーニング7059基板では、620~660℃で1~4時間アニールした後、0.1~1.0℃/分、好ましくは、0.1~0.3℃/分で徐冷し、450~590℃まで温度が低下した段階で取り出すとよい。

【0017】次に、プラズマCVD法によって、厚さ500~1500Å、例えば1000Åの真性（I型）の非晶質珪素膜を成膜した。そして、窒素不活性雰囲気（大気圧）、600℃、48時間アニールして結晶化させ、珪素膜を10~1000μmの大きさにパターンニングして、島状の珪素膜（TFTの活性層）103を形成した。そして、酸素雰囲気中で、0.5~4μmここでは0.8~1.4μmにピークをもつ赤外光を30~180秒照射し、活性層103の表面に酸化珪素膜104を形成した。雰囲気中に0.1~10%のHClを混入してもよかった。（図1（A））

【0018】赤外線の光源としてはハロゲンランプを用いた。赤外光の強度は、モニターの単結晶シリコンウェハー上の温度が900~1200℃の間にあるように調整した。具体的には、シリコンウェハーに埋め込んだ熱電対の温度をモニターして、これを赤外線の光源にフィードバックさせた。本実施例では、昇温・降温は、図4（A）もしくは（B）のようにおこなった。昇温は、一定で速度は50~200℃/秒、降温は自然冷却で20~100℃であった。

【0019】図4（A）は一般的な温度サイクルで、昇温時間a、保持時間b、降温時間cの3つの過程からなる。しかし、この場合には試料は室温から1000℃もの高温へ、さらに高温状態から室温へと急激に加熱・冷却されるので、珪素膜や基板に与える影響が大きく、珪素膜の剥離の可能性も高い。この問題を解決するためには、図4（B）のように、保持に達する前に、プレヒート時間dやポストヒート時間fを設け、保持時間に達する前に200~500℃の基板や膜に大きな影響を与えない温度に保持しておくことが望ましい。

【0020】この赤外光照射は、珪素膜を選択的に加熱することになるので、ガラス基板への加熱を最小限に抑えることができる。そして、珪素膜中の欠陥や不体結合手を減少させるのにも非常に効果がある。この赤外光照射によって形成された酸化珪素104の厚さは50~150Åであった。

【0021】つぎにプラズマCVD法によって厚さ10

6

00Åの酸化珪素膜105をゲイト絶縁膜として成膜した。CVDの原料ガスとしてはTEOS（テトラ・エトキシ・シラン、 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ）と酸素を用い、成膜時の基板温度は300~550℃、例えば400℃とした。（図1（B））

【0022】引き続き、スパッタリング法によって、厚さ6000~8000Å、例えば6000Åのアルミニウム（0.01~0.2%のスカンジウムを含む）を成膜した。そして、アルミニウム膜をパターンニングして、ゲイト電極106、108を形成した。さらに、このアルミニウムの電極の表面を陽極酸化して、表面に酸化物層107、109を形成した。この陽極酸化は、酒石酸が1~5%含まれたエチレングリコール溶液中で行った。得られた酸化物層107、109の厚さは200Åであった。なお、この酸化物107と109は、後のイオンドーピング工程において、オフセットゲイト領域を形成する厚さとなるので、オフセットゲイト領域の長さを上記陽極酸化工程で決めることができる。

【0023】次に、イオンドーピング法（プラズマドーピング法とも言う）によって、活性層領域（ソース/ドレイン、チャネルを構成する）にゲイト電極部、すなわちゲイト電極106とその周囲の酸化層107、ゲイト電極108とその周囲の酸化層109をマスクとして、自己整合的にPもしくはN導電型を付与する不純物を添加した。ドーピングガスとして、フォスフィン（ $\text{PH}_3$ ）およびジボラン（ $\text{B}_2\text{H}_6$ ）を用い、前者の場合は、加速電圧を60~90kV、例えば80kV、後者の場合は、40~80kV、例えば65kVとする。ドーズ量は $1 \times 10^{15} \sim 8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、例えば、磷を $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、ホウ素を $2 \times 10^{15}$ とした。ドーピングに際しては、一方の領域をフォトレジストで覆うことによって、それぞれの元素を選択的にドーピングした。この結果、N型の不純物領域113と115、P型の不純物領域110と112が形成され、Pチャネル型TFT（PTFT）の領域とNチャネル型TFT（NTFT）との領域を形成することができた。

【0024】その後、レーザー光の照射によってアニールを行った。レーザー光としては、KrFエキシマレーザー（波長248nm、パルス幅20nsec）を用いたが、他のレーザーであってもよい。レーザー光の照射条件は、エネルギー密度が200~400mJ/cm<sup>2</sup>、例えば250mJ/cm<sup>2</sup>とし、一か所につき2~10ショット、例えば2ショット照射した。このレーザー光の照射時に基板を200~450℃程度に加熱することによって、効果を増大せしめてもよい。（図1（C））

【0025】また、この工程は、近赤外光によるランプアニールによる方法でもよい。近赤外線は非晶質珪素よりも結晶化した珪素へは吸収されやすく、1000℃以上の熱アニールにも匹敵する効果的なアニールを行うことができる。その反面、ガラス基板（遠赤外光はガラス

10

20

30

40

50

基板に吸収されるが、可視・近赤外光（波長0.5～4  $\mu\text{m}$ ）は吸収されにくい）へは吸収されにくいので、ガラス基板を高温に加熱することがなく、また短時間の処理ですむので、ガラス基板の縮みが問題となる工程においては最適な方法であるといえる。

【0026】続いて、厚さ6000Åの酸化珪素膜116を層間絶縁物としてプラズマCVD法によって形成した。この層間絶縁物としてはポリイミドを利用してもよい。さらにコンタクトホールを形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によってTFTの電極・配線117、118、119を形成した。最後に、1気圧の水素雰囲気中で350℃、30分のアニールを行い、TFTを相補型に構成した半導体回路を完成した。（図1（D））

【0027】上記に示す回路は、PTFTとNTFTとを相補型に設けたCMOS構造であるが、上記工程において、2つのTFTを同時に作り、中央で切断することにより、独立したTFTを2つ同時に作製することも可能である。本実施例で得られたTFTの特性に関しては、NTFTの移動度は110～150  $\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、S値は0.2～0.5V/桁、PTFTの移動度は90～120  $\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、S値は0.4～0.6V/桁であり、公知のPVD法やCVD法によってゲイト絶縁膜を形成した場合に比較して、移動度は2割以上高く、S値は半減した。

【0028】〔実施例2〕本実施例も相補型TFT回路に関するものである。本実施例の作製工程の概略を図2に示す。本実施例において、基板201としてはコーニング7059ガラス基板（厚さ1.1mm、300×400mm）を使用した。実施例1と同様に最初に640℃で1時間アニールした後、0.2℃/分で580℃まで徐冷した基板を用いた。そして、下地膜202（酸化珪素）をプラズマCVD法で2000Åの厚さに形成した。CVDの原料ガスとしてはTEOSと酸素を用いた。基板温度は350℃とした。プラズマCVD法の代わりにスパッタ法でもよい。

【0029】この後、LPCVD法もしくはプラズマCVD法で非晶質珪素膜205を500Åの厚さに形成した。これをバターニングしてTFTの活性層203を形成した。そして、450℃で1時間脱水素化を行った後、レーザー照射によって結晶化させた。レーザーとしてはKrFエキシマーレーザー（波長248nm）を用い、エネルギー密度250～450  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ のレーザー光を1か所につき、2ショット照射した。レーザー照射は真空中でおこない、基板の温度は350～500℃とした。レーザー照射工程の後、基板を酸素雰囲気中で600℃で1時間アニールした。この結果、活性層の表面に20～200Å、代表的には40～100Åの厚さの熱酸化膜204が形成された。（図2（A））

【0030】さらにテトラ・エトキシ・シラン（TEO

S）を原料として、酸素雰囲気中のプラズマCVD法によって、酸化珪素のゲイト絶縁膜（厚さ70～120nm、典型的には120nm）206を形成した。成膜時にはTEOSに対して流量比で3～50%のトリクロロエチレン（TCE）を添加した。基板温度は350℃とした。こうしてゲイト絶縁膜205を形成した。（図2（B））

次に厚さ6000Åのアルミニウム膜をスパッタ法で形成し、バターニングを行うことによって、ゲイト電極206、208を形成した。そして、実施例1と同様にゲイト電極の周囲を陽極酸化物207、209で被覆した。

【0031】その後、N型およびP型の不純物をイオンドーピング法で注入し、自己整合的にP型ソース領域210、P型ドレイン領域212、N型ソース領域213、N型ドレイン領域215、チャネル形成領域211、214を形成した。そして、KrFレーザー光を照射することによって、不純物導入のために結晶性の劣化した珪素膜の結晶性を改善させた。このときにはレーザー光のエネルギー密度は250～300  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ とした。このレーザー照射によって、このTFTのソース/ドレインのシート抵抗は300～800  $\Omega/\text{cm}^2$ となった。また、この工程は赤外光のランプアニールによって行ってもよい。（図2（C））

【0032】その後、酸化珪素またはポリイミドによって層間絶縁物216を形成し、コンタクトホールを形成して、TFTのソース/ドレイン領域にクロム/アルミニウム多層膜で電極217、218、219を形成した。最後に、水素中で200～400℃で2時間アニールして、水素化をおこなった。このようにして、TFTを完成した。さらに耐湿性を向上させるために、全面に窒化珪素等でパッシベーション膜を形成してもよい。（図2（D））

【0033】〔実施例3〕図3を用いて、本実施例を説明する。まずガラス基板301として、コーニング7059基板を用い、620～660℃で1～4時間アニールした後、0.1～1.0℃/分、好ましくは、0.1～0.3℃/分で徐冷し、450～590℃まで温度が低下した段階で取り出した。そして、基板上に下地膜302を形成し、さらに、プラズマCVD法によって厚さ300～800Åのアモルファス（非晶質）珪素膜303を成膜した。そして、厚さ1000Åの酸化珪素のマスク304を用いて305で示される領域に厚さ20～50Åのニッケル膜をスパッタ法で成膜した。ニッケル膜は連続した膜状でなくともよい。この後、窒素雰囲気中で500～620℃、例えば550℃、8時間の加熱アニールを行い、珪素膜303の結晶化を行った。結晶化は、ニッケルと珪素膜が接触した領域305を出発点として、矢印で示されるように基板に対して平行な方向に結晶成長が進行した。（図3（A））

10

20

30

40

50

【0034】次に、シリコン膜304をパターニングして、島状の活性層領域306および307を形成した。この際、図3(A)で300で示された領域が、ニッケルが直接導入された領域であり、ニッケルが高濃度に存在する領域である。また、実施例2および3で示したように結晶成長の先端にも、やはりニッケルが高濃度に存在する。これらの領域は、その間の結晶化している領域に比較してニッケルの濃度が1桁近く高いことが判明している。したがって、本実施例においては、活性層領域306、307はこれらのニッケル濃度の高い領域を避けてパターニングし、ニッケルの濃度の高い領域は除去した。そして、ニッケルがほとんど存在しない領域にTFTの活性層を形成した。活性層のエッチングは垂直方向に異方性を有するRIE法によって行った。本実施例の活性層中でのニッケル濃度は、 $10^{17} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度であった。その後、実施例1と同じ条件で可視・近赤外光の照射をおこない、活性層306、307の表面に厚さ50～150Åの酸化珪素膜308を得るとともに、先の熱アニールによって結晶化した領域の結晶性をさらに向上させた。(図3(B))

【0035】その後、実施例1と同様にゲイト絶縁膜309を成膜し(図3(C))、ゲイト電極310、311を形成し、P型とN型の不純物を導入し(図3

(D))、層間絶縁物312を形成して、これにコンタクトホールを形成し、メタル配線313、314、315を形成した。(図3(E))

【0036】〔実施例4〕本実施例の工程の概略を図6に示す。本実施例は、酸化雰囲気において島状珪素膜にKrFエキシマレーザー光(波長248nm)を照射することによって、その表面に薄い酸化膜を形成するとともに、珪素膜の結晶化を促進せしめる工程の例である。以下、図6を用いて、そのように処理された珪素膜を用いてアクティブマトリクス回路の画素のスイッチングトランジスタを形成する工程について述べる。

【0037】実施例3と同様に最初に640℃で1時間アニールした後、0.2℃/分で580℃まで徐冷した基板601を用いた。基板には下地膜602(酸化珪素、厚さ2000Å)、非晶質珪素膜603(厚さ500Å)を形成し、また、非晶質珪素膜603の表面には熱酸化もしくは過酸化水素水等の酸化剤処理によって、厚さ10～100Åの酸化珪素膜を形成しておいた。この状態で、スパインコーティング法によって、極めて薄い酢酸ニッケル層604を形成した。溶媒としては水もしくはエタノールを用い、酢酸ニッケルの濃度は10～50ppmとした。(図6(A))

【0038】そして、基板を窒素雰囲気中で550℃で4～8時間アニールした。この結果、ニッケルの結晶化促進作用によって、非晶質珪素膜603は結晶化した。この結晶化においては、膜の一部に1～数μmの大きさで非晶質状態のまま取り残される領域があることが確認さ

れている。

【0039】次に、公知のフォトリソグラフィ法によって珪素膜をエッチングし、島状珪素領域605を得た。珪素膜表面に残存していた酸化膜はこの段階で除去した。次に、酸素雰囲気中に基板を置き、ここに、KrFエキシマレーザー光を照射した。照射エネルギー密度としては250～450mJ/cm<sup>2</sup>、例えば、300mJ/cm<sup>2</sup>とし、1か所に付き10～50ショットを照射した。この結果、10～50Åの厚さの酸化珪素膜606が得られた。レーザーのエネルギー密度、ショット数は得るべき酸化珪素膜606の厚さによって選択すればよい。また、このレーザー照射の工程によって、上記の結晶珪素膜中に残留した非晶質領域も結晶し、さらに、珪素膜の結晶性を改善することができた。この工程の後で、再び、上記と同じ条件で熱アニールしてもよい。(図6(B))

【0040】つぎにプラズマCVD法によって厚さ1200Åの酸化珪素膜607をゲイト絶縁膜として成膜した。CVDの原料ガスとしてはTEOS(テトラ・エトキシ・シラン、Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>)と酸素を用い、成膜時の基板温度は300～550℃、例えば400℃とした。(図6(C))

【0041】引き続き、スパッタリング法によって、厚さ3000～8000Å、例えば6000Åのアルミニウム(0.01～0.2%のスカンジウムを含む)を成膜した。そして、アルミニウム膜をパターニングして、ゲイト電極608を形成した。

【0042】次に、イオンドーピング法によって、ゲイト電極608をマスクとして、自己整合的にP導電型を付与する不純物を添加した。ドーピングガスとして、ジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)を用い、加速電圧は40～80kV、例えば65kVとした。ドーズ量は $1 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、例えば、 $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ とした。この結果、P型の不純物領域609と610が形成された。その後、レーザー光の照射によってアニールをおこなった。レーザー光としては、KrFエキシマレーザー(波長248nm、パルス幅20nsec)を用いた。条件等は実施例1と同じとした。(図6(D))

【0043】続いて、厚さ6000Åの酸化珪素膜611を層間絶縁物としてプラズマCVD法によって形成し、コンタクトホールを形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によって、P型不純物領域609に電極・配線612を形成した。さらに、プラズマCVD法によって、厚さ2000～5000Å、例えば、3000Åの窒化珪素膜613をパッシベーション膜として形成し、これと酸化珪素膜611をエッチングして、不純物領域610にコンタクトホールを形成した。最後に、透明導電材料であるインディウム錫酸化物被膜(厚さ1000Å)をスパッタ法によって形成し、これをエッチングして画素電極614を形成し

た。(図 6 (E))

【0044】以上の工程によってアクティブマトリクス回路の画素トランジスタを形成することができた。このような素子をマトリクス状に配置すれば、アクティブマトリクス回路ができる。本実施例では、レーザーとして、KrFエキシマーレーザーを用いたが、その他のレーザーを用いてもよいことはいうまでもない。

【0045】

【発明の効果】TFTの活性層となるべき島状の珪素膜に基板に吸収されない波長の強光を酸化雰囲気中で照射し、あるいは基板にソリや縮みをもたらさない温度で酸化雰囲気中でアニールすることによって、活性層の表面に緻密でピンホールのない、厚さの様な薄い熱酸化膜を形成し、さらにこれに公知のCVD法、PVD法によって厚い絶縁膜を形成することによって、ゲイト絶縁膜の特性と信頼性を著しく高めることができた。

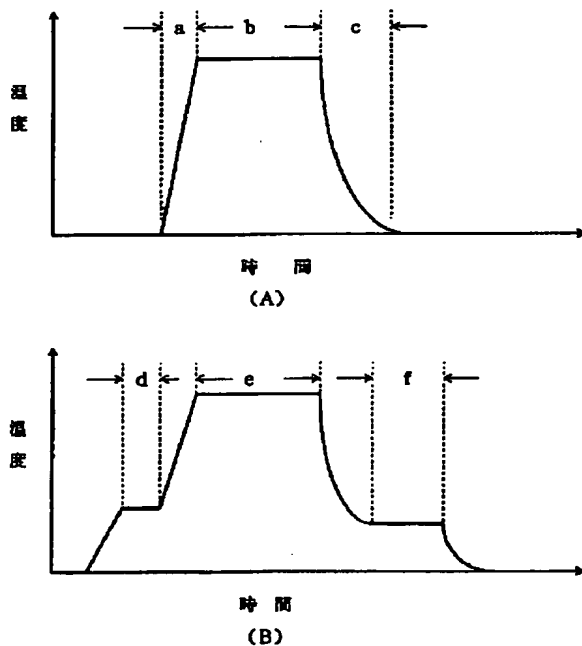
【0046】実施例においては相補型のTFT回路のみを取り上げたが、アクティブマトリクスに用いられるTFTにも応用できることは明らかであろう。本発明によって、従来は石英のような高価な基板を用いることによ

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1のTFTの作製工程を示す。

【図2】 実施例2のTFTの作製工程を示す。

【図4】



【図3】 実施例3のTFTの作製工程を示す。

【図4】 実施例1の温度設定例を示す。

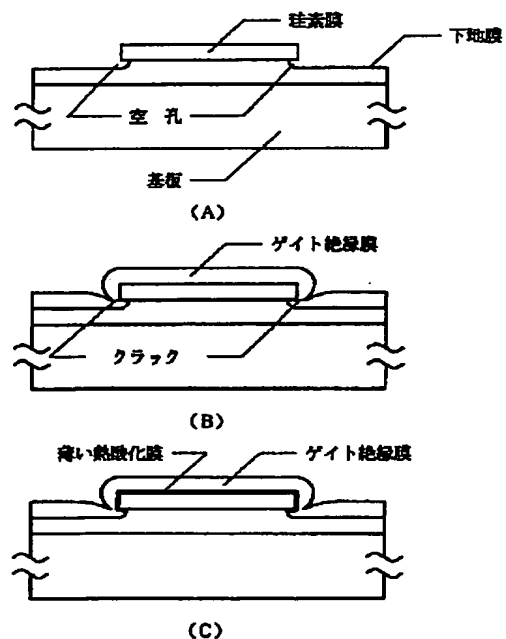
【図5】 従来のゲイト絶縁膜と本発明のゲイト絶縁膜の差を示す。

【図6】 実施例4のTFTの作製工程を示す。

【符号の説明】

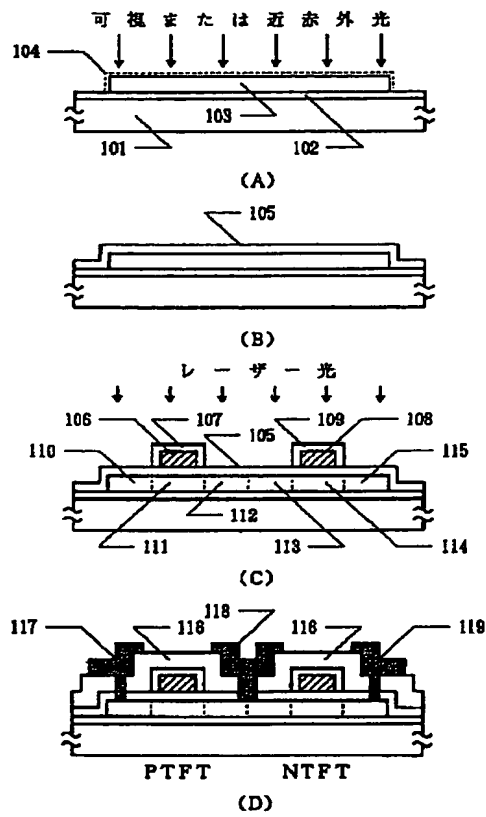
101	ガラス基板
102	下地膜 (酸化珪素膜)
103	マスク
104	薄い熱酸化膜 (酸化珪素)
105	ゲイト絶縁膜 (酸化珪素)
106	ゲイト電極 (アルミニウム)
107	陽極酸化層 (酸化アルミニウム)
108	ゲイト電極
109	陽極酸化層
110	ソース (ドレイン) 領域
111	チャネル形成領域
112	ドレイン (ソース) 領域
113	ソース (ドレイン) 領域
114	チャネル形成領域
115	ドレイン (ソース) 領域
116	層間絶縁物
117	電極
118	電極
119	電極

【図5】

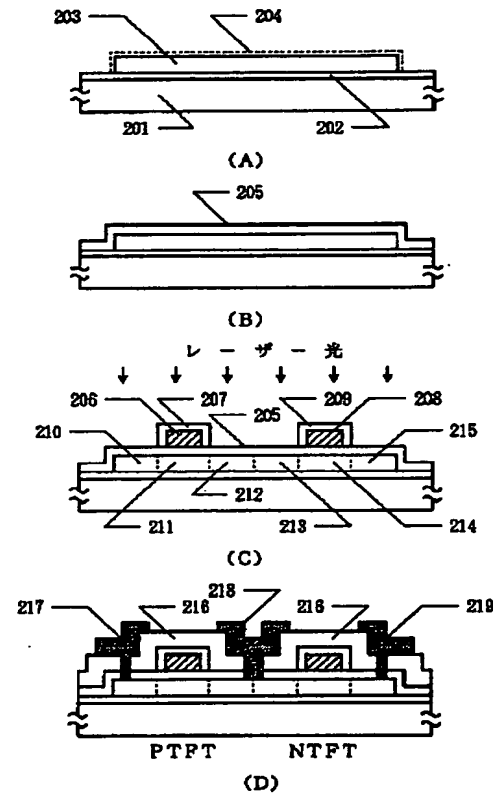




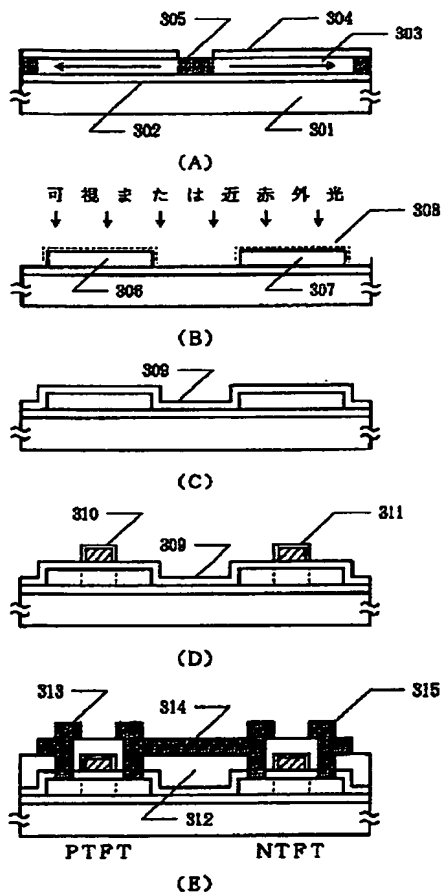
【図 1】



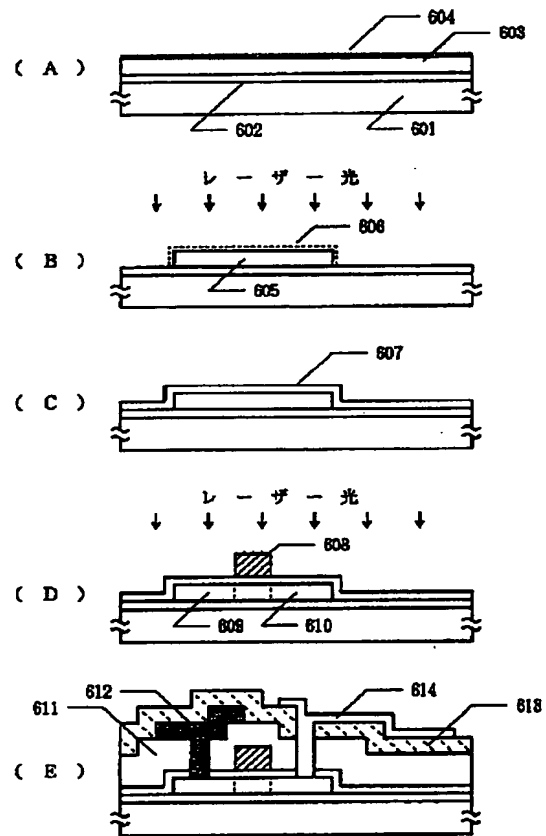
【図 2】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 1 L 21/316

識別記号 庁内整理番号

M 7352-4M

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 上原 弘

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
 導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 竹村 保彦

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
 導体エネルギー研究所内